

Prosedur penentuan klasifikasi sistem pembangkit listrik fotovoltaik individual - Pedoman umum



© BSN 2000

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang menyalin, menggandakan dan mengumumkan sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun dan dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN
Gd. Manggala Wanabakti
Blok IV, Lt. 3,4,7,10.
Telp. +6221-5747043
Fax. +6221-5747045
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar isi

Prakata	ii
Pendahuluan	iii
1. Ruang Lingkup	1
2. Acuan	1
3. Definisi.....	1
4. Perancangan.....	2
5. Klasifikasi sistem fotovoltaik individual.....	6



Prakata

Penerapan dan pemanfaatan berbagai Sistem Fotovoltaik di Indonesia telah berlangsung sejak awal tahun 1980-an. Pengkajian kelayakan penerapan sistem fotovoltaik dimulai dari Pilot Proyek Solar Village (bekerjasama dengan TUV Rheinland, Jerman) pada awal tahun 1980-an, kemudian dilanjutkan dengan Pilot Proyek Village Electrification & Pumping System (Kerjasama NEDO, Jepang) di Kenteng, Yogyakarta pada tahun 1987. Pada tahun 1990 setelah sukses dalam penerapan Solar Home System (SHS) di desa Sukatani, Jawa Barat, dimulailah penyebaran sistem Fotovoltaik untuk penerangan pedesaan melalui Proyek Banpres dengan memasang 3445 unit SHS di 15 Propinsi Indonesia. Sejak saat itu sistem Fotovoltaik sudah dikenal luas dalam masyarakat. Pada tahun 1998 dengan dicanangkannya Proyek Sejuta Rumah: 50 MWp Photovoltaic Rural Electrification, maka dimulailah era komersialisasi sistem-sistem Fotovoltaik.

Untuk mengantisipasi makin berkembangnya bisnis dalam bidang fotovoltaik, maka diperlukan standar spesifikasi teknis, pedoman dan metoda uji komponen serta prosedur penentuan kualifikasi rancangan dan klasifikasi peringkat sistem fotovoltaik termasuk Sistem Fotovoltaik Individual (SFI) atau SHS. Standarisasi ini mempunyai maksud ganda: guna melindungi konsumen dari ketidaksesuaian spesifikasi komponen/sistem yang dijual di pasaran, dan melindungi produsen dari akibat kesalahan persepsi dari masyarakat dalam pemanfaatan sistem fotovoltaik. Dengan adanya standar diharapkan para produsen dan agen juga dapat mempunyai satu dasar perhitungan yang sama untuk mengklasifikasikan sistem fotovoltaik yang dijualnya ke dalam satu sistem peringkat.

Dalam bidang standarisasi, Indonesia telah cukup lama terlibat dalam penyusunan dan pengusulan standarisasi khususnya SHS ke forum internasional. Pada saat Proyek Banpres dimulai, spesifikasi teknis SHS yang digunakan untuk proyek ini juga dimanfaatkan oleh World Bank dan AusAID sebagai standar SHS untuk dipasarkan di beberapa negara berkembang. Spesifikasi teknis ini kemudian diusulkan oleh TUV Rheinland sebagai anggota tetap IEC/TC-82 ke forum IEC/TC-82 (International Electrotechnic Commission/Technical Committee 82: Solar Photovoltaic) sebagai masukan untuk Draft Standar SHS. Dengan demikian Rancangan Standar Nasional Indonesia (RSNI) yang dibuat ini mengacu pada Draft SHS dari standar IEC/TC-82 yang didalamnya memasukkan spesifikasi teknis yang dibuat oleh Indonesia.



Pendahuluan

Kebutuhan yang besar dan mendesak terhadap standarisasi dan perbaikan pengendalian kualitas terletak pada pasar dari sistem catu daya fotovoltaik kapasitas kecil untuk rumah tangga yang disebut Sistem Fotonvoltaik Individual.

Standar ini mencakup Sistem Fotonvoltaik Individual (SFI) kapasitas kecil yang dapat mencatu daya untuk lampu penerangan rumah tangga, peralatan komunikasi (radio/TV) dan sistem telekomunikasi. Standar ini digunakan untuk penentuan kualifikasi rancangan dan klasifikasi Peringkat Sistem Fotonvoltaik Individual (SFI).

Oleh karena lingkungan turut mempengaruhi umur dari sistem, maka idealnya semua komponen dipandang perlu untuk memiliki sertifikat uji termasuk uji ketahanan terhadap pengaruh lingkungan. Meskipun demikian, hal ini akan sangat menyulitkan terutama dalam pengkondisian lingkungan, pengujian sesuai dengan yang kita inginkan. Perlu diperhatikan bahwa uji klasifikasi akan memakan waktu yang lama, sehingga dapat menghabiskan banyak biaya yang pada akhirnya akan menaikkan harga akhir ke konsumen.



Prosedur penentuan klasifikasi sistem pembangkit listrik fotovoltaik individual – Pedoman umum

1. Ruang Lingkup

Sistem pembangkit listrik fotovoltaik individual untuk sebuah rumah tangga di pedesaan di Indonesia yang terdiri dari lampu, radio (bila perlu TV). Komponen yang digunakan dalam rancangan untuk standar adalah sebagai berikut:

- Rangkaian PV yang terdiri dari satu atau beberapa modul dan penyangga;
- Batere timah hitam;
- BCR;
- Beban;
- Kabel-kabel.

Metoda perhitungan rancangan dalam dokumen ini dibuat untuk standar sistem klasifikasi yang disederhanakan. Untuk merancang sistem sesuai dengan kapasitas yang benar, beberapa perhitungan yang rinci harus dilakukan.

2. Acuan

Draft IEC XXXX/1997: Photovoltaic stand-alone systems: Design qualification and type approval

IEC 1215

National Electric Code ®, Tabel 690-31 C))

3. Definisi

3.1

$A_{\text{konduktor}}$

luas penampang konduktor [m^2]

3.2

C_{20}

kapasitas pengeluaran batere timah hitam selama 20 jam, sebagai kapasitas sel yang dapat dikeluarkan pada arus konstan I_{20} untuk selama 20 jam sebelum tegangan putus pada 1,85 V untuk setiap sel tercapai [Ah]

3.3

bulan rancangan

bulan dengan radiasi rata-rata harian terendah

3.4

$E_{\text{pemakaian energi harian beban}}$

pemakaian energi harian oleh beban [Wh/hari]

3.5

$E_{\text{luaran rangkaian harian, rata-rata, STC}}$

luaran energi rata-rata dari rangkaian pada kondisi STC [Wh/hari]

3.6

$H_{\text{rancangan}}$

nilai radiasi rancangan untuk rangkaian PV [$\text{kWh/m}^2.\text{hari}$]



3.7

I_{maks}

arus maksimum di kabel [A]

3.8

$H_{radiasi}$ harian rata-rata setahun di permukaan PV

radiasi harian rata-rata setahun yang jatuh di permukaan modul [kWh/m².hari]

3.9

ρ

sifat hambatan [Ohm.m]

3.10

beban

peralatan listrik rumah tangga atau lampu.

3.11

L_{kabel}

panjang kabel [m]

3.12

P_{beban}

daya beban [W]

3.13

$P_{daya\ modul}$

daya puncak rangkaian modul [Wp]

3.14

H_{julat}

julat radiasi [kWh/m².hari]

3.15

NOCT (*Nominal Operating Cell Temperature*)

temperatur operasi sel nominal (radiasi: 800 W/m² sesuai referensi distribusi radiasi permukaan bumi IEC 904-3; temperatur lingkungan: 20°C; kecepatan angin: 1m/detik)

3.16

$t_{harian, satu\ beban}$

lama pemakaian beban harian yang direncanakan [h/hari]

3.17

$V_{jatuh, maks}$

tegangan jatuh maksimum dari kabel [V]

3.18

STC (*Standard Test Condition*)

kondisi pengujian standar (radiasi: 1000 W/m²; temperatur sel 25°C pada AM 1,5)

4. Perancangan

Perhitungan rancangan terdiri dari beberapa langkah:

- penentuan dari kelas radiasi dan nilai radiasi untuk rancangan;
- perkiraan beban rata-rata harian;
- perhitungan kapasitas rangkaian-PV;



- d) perhitungan kapasitas baterai;
- e) perhitungan kapasitas kabel/konektor.

4.1 Penentuan kelas radiasi dan nilai radiasi untuk rancangan

Hitung radiasi harian rata-rata setahun yang jatuh di permukaan modul PV dan julat radiasi dari stasiun meteorologi yang terdekat dari lokasi dimana sistem akan dipasang.

Julat radiasi (H_{Julat}) adalah perbedaan antara radiasi harian rata-rata sebulan yang jatuh di permukaan modul PV pada bulan dengan radiasi tertinggi dengan radiasi harian rata-rata sebulan yang jatuh di permukaan modul PV pada bulan dengan radiasi terendah (dalam kWh/m².hari).

Tabel 1 memperlihatkan sistem klasifikasi lokasi dengan pola radiasi yang berbeda.

Jadi setiap lokasi dapat diklasifikasikan berdasarkan kelas radiasi. Setiap kelas radiasi mempunyai nilai radiasi rancangan. Radiasi rancangan adalah nilai teoritis yang menunjukkan radiasi harian rata-rata pada permukaan horisontal untuk lokasi tertentu.

Tabel 1. Kelas radiasi dan nilai radiasi rancangan

Kelas radiasi	I	Ila	Ilb	IIla	IIlb	IV
Radiasi horizontal rata-rata tahunan [kWh/m ² .hari]	<4,5	<4,5	4,5-5,5	4,5-5,5	>5,5	>5,5
Julat [kWh/m ² .hari]	>1,5	<1,5	>1,5	<1,5	>1,5	<1,5
Radiasi Rancangan [kWh/m ² .hari]	3	4	4	5	5	6

CATATAN : Untuk keperluan klasifikasi digunakan klas Ila, karena hampir 80% lokasi di Indonesia memenuhi kondisi tersebut.

4.2 Perkiraan beban harian rata-rata

Pemakaian energi harian rata-rata oleh satu beban ($E_{\text{pemakaian energi harian oleh satu beban}}$) yang dihubungkan pada sistem dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$E_{\text{pemakaian energi harian oleh satu beban}} = P_{\text{beban}} \times t_{\text{harian, satu beban}}$$

Pergunakan Tabel 2 untuk menghitung pemakaian energi harian oleh semua beban

Tabel 2 Perhitungan beban harian

Beban	Daya [W]	Pemakaian Harian [jam/hari]	Pemakaian Energi Harian [Wh/hari]
Lampu 1	$P_{l,1}$	$t_{l,1}$	$E_{l,1} = P_{l,1} \times t_{l,1}$
Lampu 2	$P_{l,2}$	$t_{l,2}$	$E_{l,2} = P_{l,2} \times t_{l,2}$
Lampu m	$P_{l,m}$	$t_{l,m}$	$E_{l,m} = P_{l,m} \times t_{l,m}$
Alat RT 1	$P_{a,1}$	$t_{a,1}$	$E_{a,1} = P_{a,1} \times t_{a,1}$
Alat RT 2	$P_{a,2}$	$t_{a,2}$	$E_{a,2} = P_{a,2} \times t_{a,2}$
Alat RT n	$P_{a,n}$	$t_{a,n}$	$E_{a,n} = P_{a,n} \times t_{a,n}$
			$\Sigma (E_{l,1} \dots E_{l,n} + E_{a,1} \dots E_{a,n})$



Pemakaian energi harian oleh semua beban ($E_{\text{pemakaian energi harian beban}}$) dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$E_{\text{pemakaian energi harian beban}} = \sum (E_{l,1} \dots E_{l,n} + E_{a,1} \dots E_{a,n})$$

4.3 Perhitungan kapasitas rangkaian fotovoltaiik

Apabila alat penjejak surya tidak dipakai, aturan berikut ini harus diikuti untuk menentukan orientasi dan sudut kemiringan rangkaian.

4.3.1 Orientasi

Pada bagian belahan bumi Utara, rangkaian modul harus menghadap Selatan Kompas (*true South*).

Pada bagian belahan bumi Selatan, rangkaian modul harus menghadap Utara Kompas (*true North*).

4.3.2 Sudut kemiringan

Untuk lokasi dengan lintang antara 15° S and 15° U, rangkaian modul PV harus diatur dengan sudut kemiringan pada 15° , agar optimasi jatuhnya radiasi surya terpenuhi dan untuk memastikan air hujan dapat mengalir.

4.3.3 Sistem energi rumah tangga

Untuk sistem energi rumah tangga luaran energi harian rata-rata pada kondisi STC dari rangkaian-PV dapat dihitung sebagai berikut:

- Gunakan radiasi rancangan $H_{\text{rancangan}}$ ($4 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{hari}$) sesuai Tabel 1.
- Hitung rata-rata luaran harian dari rangkaian pada STC, dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$E_{\text{luaran harian rangkaian rata-rata, STC}} = P_{\text{peringkat, rangkaian STC}} \times H_{\text{rancangan}}$$

4.3.4 Sistem energi khusus

Untuk sistem energi yang khusus (seperti refrigerator vaksin atau lampu bidan) rata-rata energi luaran harian pada STC dari rangkaian-PV dapat dihitung sebagai berikut:

- a) Hitung radiasi harian rata-rata dalam sebulan yang jatuh di permukaan rangkaian pada bulan rancangan (dalam jam-puncak/hari) dari stasiun meteorologi yang terdekat di lokasi dimana sistem akan dipasang.
- b) Hitung energi luaran harian rata-rata dari Rangkaian pada STC, dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$E_{\text{luaran harian rangkaian, rata-rata, STC}} = P_{\text{peringkat, rangkaian STC}} \times H_{\text{Radiasi harian rata-rata setahun di permukaan PV}}$$

4.4 Rugi-rugi energi sistem

Rugi-rugi energi sistem total ($E_{\text{rugi-rugi energi sistem harian}}$) diperkirakan 25% dari harga rata-rata luaran rangkaian harian pada STC:

$$E_{\text{rugi-rugi energi sistem harian}} = 0,25 \times E_{\text{luaran harian rangkaian rata-rata, STC}}$$



4.5 Energi efektif harian yang dapat mencatu beban

Energi efektif harian yang dapat mencatu beban adalah luaran harian rata-rata rangkaian modul pada STC dikurangi rugi-rugi energi sistem.

$$E_{\text{Energi efektif harian yang dapat mencatu beban}} = E_{\text{luaran harian rangkaian rata-rata, STC}} - E_{\text{rugi-rugi energi sistem}}$$

Energi efektif harian yang dapat mencatu beban harus lebih besar dari pemakaian energi harian semua beban.

4.6 Perhitungan kapasitas batere

Untuk batere timah hitam kapasitas batere harus $C_{20} > 5 \times E_{\text{pemakaian energi harian beban pada } 25^{\circ}\text{C}}$.

4.7 Perhitungan kapasitas kabel

4.7.1 Koreksi temperatur untuk ukuran kabel

Faktor koreksi untuk temperatur harus dipakai dengan menggunakan Tabel 3.

Tabel 3 Faktor koreksi untuk luas penampang konduktor

Temperature Lingkungan [$^{\circ}\text{C}$]	Peringkat Temperatur Konduktor			
	60 $^{\circ}\text{C}$	75 $^{\circ}\text{C}$	90 $^{\circ}\text{C}$	105 $^{\circ}\text{C}$
<30	1.00	1.00	1.00	1.00
31-35	0.91	0.94	0.96	0.97
36-40	0.82	0.88	0.91	0.93
41-45	0.71	0.82	0.87	0.89
46-50	0.58	0.75	0.82	0.86
51-55	0.41	0.67	0.76	0.82
56-60	-	0.58	0.71	0.77
61-70	-	0.33	0.58	0.68
71-80	-	-	0.41	0.58

CATATAN : Untuk luas penampang tertentu, dibagi dengan faktor di atas untuk mencapai luas penampang yang berlaku untuk peringkat temperatur. Bulatkan untuk ukuran terdekat di atasnya. (Sumber: National Electric Code[®], Tabel 690-31(C.)).

4.7.2 Tegangan listrik sistem maksimum

Tentukan tegangan listrik sistem maksimum sebagai berikut:

- Dari data pabrikan, ambil Tegangan Rangkaian Terbuka modul pada STC sebagaimana didefinisikan di IEC 1215;
- Kalikan tegangan ini dengan jumlah modul yang disambungkan seri dari sistem lengkap;
- Pilih temperatur lingkungan terendah yang mungkin terjadi dimana sistem akan dipasang. Pertimbangkan temperatur terendah pada jam-jam penyinaran;
- Kalikan harga ini dengan faktor koreksi temperatur sebagaimana diberikan di Tabel 4, memilih temperatur lingkungan sebagaimana ditentukan pada langkah c;



Table 4 Faktor koreksi tegangan listrik dari modul mono dan multi-kristal silikon

Temperatur Lingkungan [°C]	Untuk temperatur lingkungan dibawah 25°C, kalikan peringkat tegangan rangkaian terbuka dengan faktor di bawah ini
25..10	1.06
9..0	1.10
-1..-10	1.13
-11..-20	1.17
-21..-40	1.25

4.7.3 Tegangan jatuh maksimum

Untuk setiap kabel, hitung arus maksimum yang melalui kabel. Tegangan jatuh maksimum sepanjang kabel dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$V_{\text{jatuh}} = (I_{\text{maks}} \times \rho \times L_{\text{kabel}}) / A_{\text{konduktor}}$$

Sifat hambatan (ρ) untuk tembaga lunak adalah $16,7 \times 10^{-9}$ Ohm x m. Tegangan jatuh sepanjang kabel harus tidak boleh lebih dari 5% tegangan sistem.

5. Klasifikasi sistem fotovoltaik individual

Klasifikasi sistem yang dijelaskan pada bab ini memungkinkan pengguna membandingkan sistem dari berbagai pabrikan secara efektif pada kelas radiasi Ila (Tabel 1)

5.1 Tabel klasifikasi sistem fotovoltaik individual

Klasifikasi Sistem Fotovoltaik Individual dapat dilihat pada Tabel 5.

Table 5 Klasifikasi Sistem Fotovoltaik Individual

Energi Efektif Harian yang Dapat Mencatu Beban [Wh]	Kelas Wh
0-25	25
25-50	50
50-75	75
75-100	100
100-120	120
120-140	140
140-160	160
160-180	180
180-200	200
200-250	250
250-300	300
300-400	400
400-500	500

5.2 Pelayanan energi minimum

Tabel 6 terdiri dari set pelayanan minimum, yang dinyatakan dalam pelayanan harian untuk setiap peralatan rumah tangga, yang dijamin oleh pemasok sistem. Tabel ini memungkinkan pengguna untuk membandingkan berbagai sistem dari pemasok berbeda.



Tabel 6. Pelayanan energi harian minimum [h/hari] yang dapat dicatu sistem

Beban (Daya Minimum [W])	Wh25	Wh50	Wh75	Wh100	Wh150	Wh200	Wh250	Wh300	Wh400	Wh500
Lampu Penerangan Utama (10 W)	2	2	2	3	4	4	8	12	16	20
Lampu Penerangan Sekunder (6 W)	0	2	2	2	2	2	4	6	10	10
TV (35 W)	0	0	1	1	2	3	3	3	4	5
Radio/Kaset (5 W)	1	2	1	2	2	3	3	3	4	5

Pemasok mempunyai kebebasan untuk mengganti jenis pelayanan yang mereka tawarkan. Sebagai contoh, apabila tidak ada penerima TV di lokasi, maka TV dapat digantikan dengan lampu penerangan atau radio. Jumlah jam pelayanan pada Tabel 6 perlu diatur kembali. Faktor koreksi yang digunakan sebagai berikut:

Penerangan utama : Penerangan sekunder : TV : Radio/Kaset = 10 : 6 : 35 : 5.

Contoh: pemasok Wh150 tidak memberikan TV. Sebaliknya, dia menawarkan lampu penerangan ekstra dan pelayanan radio. Satu jam TV (35) sama dengan tiga jam lampu penerangan utama ($3 \times 10 = 30$) ditambah satu jam (5), atau dua jam lampu penerangan utama ($2 \times 10 = 20$) ditambah tiga jam radio ($3 \times 5 = 15$).







BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN
Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lt. 3,4,7,10
Jl. Jend. Gatot Subroto, Senayan Jakarta 10270
Telp: 021- 574 7043; Faks: 021- 5747045; e-mail : bsn@bsn.go.id